

# PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

10/539480  
PCT/SE 03/01967

## Intyg Certificate

RECEIVED

19 JAN 2004

WIPO

PCT

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

*This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.*



(71) Sökande                      Unipower AB, Alingsås SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer    0203891-7  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum                      2002-12-23  
Date of filing

Stockholm, 2004-01-09

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

Lisa Junegren

Avgift  
Fee

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

PATENT- OCH  
REGISTRERINGSVERKET  
SWEDEN

Postadress/Adress  
Box 5055  
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone  
+46 8 782 25 00  
Vx 08-782 25 00

Telex  
17978  
PATOREG S

Telefax  
+46 8 666 02 86  
08-666 02 86

BEST AVAILABLE COPY

## TITEL

## MÄTMETOD FÖR BESTÄMNING AV RIKTNING TILL STÖRNINGSKÄLLA

### TEKNISKT OMRÅDE

- 5 Föreliggande uppfinning avser en metod för bestämning av riktning till en störkälla i förhållande till en mätpunkt i ett elnät med växelström med en nätfrekvens med lågfrekventa amplitudvariationer från en störningskälla. Föreliggande uppfinning avser även en anordning innefattande medel att utföra metoden.

10

### TEKNIKENS STÄNDPUNKT

- Vid elproduktion används generatorer som ger en växelspänning runt en viss frekvens. Användaren av den producerade elen är medveten om vilken frekvens som gäller samt vilken spänning som levereras på elnätet.
- 15 Användaren av elnätet önskar få så ren el som möjligt, d.v.s. önskar el som är väl definierad vid den angivna frekvensen och den angivna spänningen. I vanliga elnät som försörjer städer och fabriker är det dock vanligt att elnätet innefattar lågfrekventa spänningsdistorsioner. Spänningsdistorsioner uppkommer då olika anordningar cykliskt kopplas in på nätet, vilka
- 20 anordningar innefattar t.ex. kapacitanser och induktanser.

- Stora effektslukande installationer såsom induktionsugnar, kompressorer, hissmotorer, pumpar etc. bidrar till att öka halten av spänningsdistorsion i elnätet. Dessa belastningar orsakar ofta lågfrekventa (<25 Hz) och
- 25 periodiska fluktuationer i spänningens effektivvärde. Fenomenet benämns vanligen flimmer (eng. flicker). Den mest uppmärksammade effekten av flimmer är den irritation som kan upplevas från glödlampor vars ljusintensitet fluktuerar i takt med de spänningsvariationer som flimret förorsakar. Studier har visat att människan är speciellt känslig för ljusfluktuationer med en
- 30 repetitionsfrekvens i intervallet 0.5Hz till 25Hz. Vid känslighetsmaximum (cirka 9Hz) behöver den relativa spänningsändringen endast vara 0.25 % för att man skall uppleva att ljuset från glödlampan flimrar. Problem med flimmer

Huvudfaxen Kossan

uppstår i första hand i områden med utpräglad tung industri (järnverk och pappersbruk etc.) men kan också förekomma i områden med svaga elnät och i närheten av vindkraftsanläggningar.

- 5 I händelse av ett orent elnät Innefattande flimmer, är det intressant att veta var störningskällan befinner sig. En elproducent vill visa att det är en konsument som gör elnätet orent och kan i sådana fall begära att konsumenten betalar en straffavgift eller åtgärda problemet. En konsument å andra sidan vill givetvis visa att det ej är han som orsakar orenheten.
- 10 Dessutom vill konsumenten ha valuta för pengarna och vill således påvisa att det är elproducenten som levererar oren el.

- Att åtgärda problemet med flimmer är ofta en dyr operation där hela eller delar av nätet kan behöva byggas om på sådant sätt att elnätets inre impedansen minskar, t.ex. genom nya och grövre kablar. Ett annat sätt att
- 15 åtgärda problemet är att installera motmedel mot den aktuella störningen. Sådana motmedel är normalt mycket kostsamma. Exempel på motmedel är "Static Var Compensation (SVC)" som dynamiskt kontrollerar förändringar i systemet.

- 20 Det finns metoder att bestämma halten av spänningsflimmer, vilket finns beskrivet i standarden IEC-61000-4-15. Mätinstrument som registrerar spänningsflimmer enligt denna standard påvisar förekomsten av spänningsflimmer genom att beräkna och presentera parametrarna  $I_{fi}$ ,  $P_{st}$  och  $P_{it}$ . Det finns dock inget i standarden eller i existerande mätinstrument som visar riktningen till storkällan i förhållande till mätpunkten.
- 25

- Det finns således ett stort önskemål om en metod och en anordning som kan bestämma utbredningsriktningen hos flimmer. Utbredningsriktningen hos
- 30 filmret visar om störningskällan befinner sig ovanför eller nedanför en mätpunkt och kan således vara till stor nytta när störningskällan skall spåras.

## REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN

Föreliggande uppfinning avser lösa de problem som ansluts ovan vid lågfrekventa störningar som ger upphov till periodiska fluktuationer i spänningens effektivvärde. Sådana periodiska fluktuationer kommer nedan  
5 att benämnas lågfrekventa variationer eller flimmer.

Problemen löses genom en metod för bestämning av riktning till en störkälla i förhållande till en mätpunkt i ett elnät med växelström med en nätfrekvens  $f_0$  med lågfrekventa amplitudvariationer från störningskällan. Metoden  
10 kännetecknas av att en amplitudmodulerad strömsignal och en amplitudmodulerad spänningssignal spelas in. Både den amplitudmodulerade strömsignalen och den amplitudmodulerade spänningssignalen signalbehandlas på sådant sätt att de lågfrekventa amplitudvariationerna i både ström och spänning separeras från bärvågen i  
15 form av ett störningsbidrag för ström och ett störningsbidrag för spänning. Störningsbidraget för ström multipliceras därefter med störningsbidraget för spänning på sådant sätt att en produkt bildas. Produkten bearbetas på sådant sätt att en flimmereffekt II erhålls med ett teckenvärde som anger i vilken riktning en störningskälla befinner sig i förhållande till mätpunkten.  
20

Enligt en utföringsform av uppfinningen är teckenvärdet hos flimmereffekten i mätpunkten negativt då störningskällan befinner sig nedanför mätpunkten och positivt då störningskällan befinner sig ovanför mätpunkten.

25 Metoden har två viktiga fördelar:

1. Flimmereffekten i mätpunkten bestäms. Därmed kan störningskällan (flimmerkällan) spåras.
2. Metoden är noggrann också när mätningen utförs via i nätet installerade spännings- och strömtransformatorer. Frekvensspektrum hos en signal med  
30 flimmer består av bärvåg (t.ex. 50 eller 60 Hz) och på båda sidor om bärvågen sidband med frekvensavstånd till bärvågen motsvarande

Huvudföreläsningen

- flimmerfrekvenserna. Hela signalpaketets (bärvåg och de lågfrekventa signalerna) frekvensspektrum finns alltså i ett smalt frekvensband kring bärvågen vilket innebär att mätning via existerande ström- och spänningstransformatörer kan utnyttjas eftersom dessa är utformade för
- 5 högsta noggrannhet kring nätfrekvensen.

Uppfinningen kan utföras genom ett antal metoder beskrivna nedan.

- 10 I en första metod (metod 1) enligt en utföringsform av uppfinningen kännetecknas metoden av stegen;
- upptagning av en amplitudmodulerad strömsignal  $i(n)$  innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen  $f_c$  samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i strömsignalen  $i(n)$ ;
  - upptagning av en amplitudmodulerad spänningssignal  $u(n)$  innefattande
  - 15 signaler som härrör från nätfrekvensen  $f_c$  samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen  $u(n)$ ;
  - signalbehandling av strömsignalen  $i(n)$  på sådant sätt att enbart de lågfrekventa amplitudvariationerna kvarstår i form av ett störningsbidrag för strömsignalen  $i(n)$ ;
  - 20 -signalbehandling av spänningssignalen  $u(n)$  på sådant sätt att enbart de lågfrekventa amplitudvariationerna kvarstår i form av ett störningsbidrag för spänningssignalen  $u(n)$ ;
  - bildande av en produkt genom multiplicering av störningsbidraget för ström och störningsbidraget för spänning,
  - 25 -bearbetning av produkten på sådant sätt att en flimmereffekt  $II$  erhålls med ett teckenvärde som anger i vilken riktning störningskällan befinner sig i förhållande till mätpunkten.

- En fördel med den första metoden är att den ej kräver någon stor
- 30 datorkapacitet, utan lätt kan implementeras i en lämplig anordning.

Enligt en annan utföringsform av metod 1 innefattar metoden att;

Huvudföreläsningen

- signalbehandlingen av strömsignalen  $i(n)$  innefattar stegen;

-bildande av en första demodulerad signal genom demodulering av strömsignalen  $i(n)$ ;

-bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen  $f_c$  i den första demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna kvarstår i form av störningsbidraget för ström;

- signalbehandlingen av strömsignalen  $i(n)$  innefattar stegen;

-bildande av en andra demodulerad signal genom demodulering av spänningssignalen;

-bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen  $f_c$  i den andra demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna kvarstår i form av störningsbidraget för spänning.

Enligt en annan utföringsform av metod 1 innefattar metoden stegen;

-bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen  $f_c$  i den första demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna avseende störningsbidraget för ström kvarstår i form av en störningssignal  $I_{LF(n)}$  för ström;

-bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen i den andra demodulerade signalen på sådant sätt att de lågfrekventa variationerna avseende störningsbidraget för spänning kvarstår i form av en störningssignal  $U_{LF(n)}$  för spänning;

-att produkten bildar en momentan effektsignal  $II(n)$  genom multiplikation av störningssignalen  $I_{LF(n)}$  för ström och störningssignalen  $U_{LF(n)}$  för spänning;

-att produkten bearbetas genom medelvärdesbildning av den momentana effektsignalen  $II(n)$  varvid flimmereffekten  $II$  bildas med teckenvärdet.

Enligt ytterligare en annan utföringsform av metod 1 innefattar metoden att;

Huvudfaxen Kossan

-den första demodulerade signalen bildas genom kvadratdemodulering av strömsignalen;

-den andra demodulerade signal bildas genom kvadratdemodulering av spänningssignalen.

5

Enligt en utföringsform av metod 1 utförs filtreringen med ett bandpassfilter med en undre gräns på 0.1 Hz och en övre gräns på 35 Hz. En föredragen övre gräns är dock 25 Hz.

10 I en andra metod (metod 2) enligt en utföringsform av uppfinningen kännetecknas metoden av stegen;

-upptagning av en amplitudmodulerad strömsignal  $i(n)$  innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen  $f_c$  samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i strömsignalen  $i(n)$ ;

15 -upptagning av en amplitudmodulerad spänningssignal  $u(n)$  innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen  $f_c$  samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen  $u(n)$ ;

-frekvensanalys av vågformen hos spänningssignalen  $u(n)$  genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation), vilket ger upphov till  
20 en spänningsvektor  $U$  som innehåller frekvensspektrum för spänningssignalen  $u(n)$  i form av N st komplexa spänningar;

-frekvensanalys av vågformen hos strömsignalen  $i(n)$  genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation), vilket ger upphov till en strömvektor  $I$  som innehåller frekvensspektrum för strömsignalen  $i(n)$  i form  
25 av N st komplexa strömmar;

-bildande av en effektvektor  $P$  genom elementvis multiplikation av spänningsvektorn  $U$  och strömvektorn  $I$ ;

-multiplikering av effektvektorn  $P$  med en viktvektor  $W$  som eliminerar effektbidrag som härrör från nätfrekvensen, varvid effektvektorn  $P$  innefattar  
30 deleffekter  $P_k$  avseende effektbidrag från störningskällan,

-bildande av en flimmereffekt  $II$  med ett teckenvärde genom summering av deleffekterna  $P_k$ , och;

Huvudföreläsningskassan

-analys av teckenvärdet, varvid teckenvärdet anger i vilken riktning störningskällan befinner sig från mätpunkten.

- I den andra metoden signalbehandlas spänningssignalen  $u(n)$  och strömsignalen  $i(n)$  genom den ovan beskrivna frekvensanalysen. Produkten
- 5 angiven vid metod 1 motsvaras i metod 2 av bildandet av effektvektorn  $P$ . Störningsbidragen för ström och spänning i metod 1 har ej sin direkta motsvarighet i metod 2, utan störningsbidragen uppkommer i form av effektbidrag  $P_k$  avseende effektbidrag från storkällan efter det att effektvektorn  $P$  multiplicerats elementvis med viktvektorn  $W$  som innefattar
- 10 elementen  $w_k$ . Den i metod 1 angivna bearbetningen motsvaras i metod 2 av att deeffekterna  $P_k$  summeras.

Enligt en utföringsform av metod 2 bildas flimmereffekten  $\Pi$  genom följande steg;

- 15 -summering av deeffekterna  $P_k$  genom formeln:

$$\Pi = \sum_{k=1}^N \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2} W_k \cdot U_k \cdot I_k^* \right\}$$

- 20 En fördel med denna metod är att det ej uppkommer några demoduleringsrester.

Enligt en annan utföringsform av metod 2 bildas flimmereffekten  $\Pi$  genom följande steg;

- kvadratdemodulering  $x^2$  av spänningssignalen  $u(n)$ ;
- 25 -kvadratdemodulering  $x^2$  av strömsignalen  $i(n)$ ;
- beräkning av frekvensspektrum hos den kvadratdemodulerade spänningssignalen genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation) vilket ger upphov till spänningsvektorn ( $U$ );

- beräkning av frekvensspektrum hos den kvadratdemodulerade strömsignalen genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation) vilket ger upphov till strömvektorn ( $I$ );
- bildande av flimmereffekten  $\Pi$  genom summering av de effekterna  $P_k$  som
- 5 bidrar till flimmerfenomenet genom formeln:

$$\Pi = \sum_{k=1}^N \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2} w1_k \cdot U_k \cdot w2_k \cdot I_k^* \right\}$$

- där elementen  $w1_k$  och  $w2_k$  ersätter  $W_k$  och eliminerar effektbidrag som
- 10 härrör från nätfrekvensen samt viktat fram rätt amplituder hos frekvenskomponenten  $U_k$  och  $I_k$  enligt

$$w1_k = \begin{cases} \frac{1}{U_c} & \text{för } 1 \leq k \leq i \\ 0 & \text{för } k > i \end{cases}$$

15 
$$w2_k = \begin{cases} \frac{1}{I_c} & \text{för } 1 \leq k \leq i \\ 0 & \text{för } k > i \end{cases}$$

där det antas att de lågfrekventa störningarna finns i ett frekvensband till och med ton  $i$  ( $0 < f_{\text{flimmer}} \leq i$ ).

- 20 Som visats ovan ger både metod 1 och metod 2 upphov till den uppfinningsenliga flimmereffekten  $\Pi$  med ett teckenvärde som anger i vilken riktning en storkälla befinner sig i förhållande till en mätpunkt. Det är således möjligt att signalbehandla ström- och spänningssignalerna i både tidsplanet och frekvensplanet för att erhålla den önskade flimmereffekten  $\Pi$ .

Huvudförfaren Vasson  
Uppfinningen avser även en anordning innefattande medel att utföra de ovan angivna metoderna.

- Enligt en utföringsform av uppfinningen innefattar anordningen medel för
- 5 bestämning av riktning till störkälla i förhållande till en mätpunkt i ett elnät med växelström med en nätfrekvens  $f_0$  med lågfrekventa amplitudvariationer från störningskällan. Anordningen kännetecknas av att den även innefattar;
- medel att uppta en amplitudmodulerad strömsignal  $i(n)$  innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen  $f_0$  samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i
  - 10 strömsignalen  $i(n)$ ;
  - medel att uppta en amplitudmodulerad spänningssignal  $u(n)$  innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen  $f_0$  samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen  $u(n)$ ;
  - medel att signalbehandla strömsignalen  $i(n)$  på sådant sätt att enbart de
  - 15 lågfrekventa amplitudvariationerna kvarstår i form av ett störningsbidrag för strömsignalen  $i(n)$ ;
  - medel att signalbehandla spänningssignalen  $u(n)$  på sådant sätt att enbart de lågfrekventa amplitudvariationerna kvarstår i form av ett störningsbidrag för spänningssignalen  $u(n)$ ;
  - 20 -medel att bilda en produkt genom multiplicering av störningsbidraget för ström och störningsbidraget för spänning,
  - medel att bearbeta produkten på sådant sätt att en flimmereffekt II erhålls med ett teckenvärde som anger i vilken riktning störningskällan befinner sig i förhållande till mätpunkten.
  - 25
- Enligt en annan utföringsform av uppfinningen innefattar;
- medlet för signalbehandling av strömsignalen ( $i(n)$ );
  - medel för bildande av en första demodulerad signal genom demodulering av strömsignalen ( $i(n)$ );
  - 30 -medel för bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen ( $f_0$ ) i den första demodulerade signalen på sådant

2002-12 7 3

sätt att enbart de lågfrekventa variationerna kvarstår i form av störningsbidraget för ström;

- medlet för signalbehandlingen av strömsignalen ( $i(n)$ );

5 - medel för bildande av en andra demodulerad signal genom demodulering av spänningssignalen;

- medel för bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen i den andra demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna kvarstår i form av störningsbidraget för spänning;

10

Enligt en annan utföringsform av uppfinningen innefattar anordningen;

15 - medel för frekvensanalys av vågformen hos spänningssignalen ( $u(n)$ ) genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation), vilket ger upphov till en spänningsvektor ( $U$ ) som innehåller frekvensspektrum för spänningssignalen ( $u(n)$ ) i form av N st komplexa spänningar;

- medel för frekvensanalys av vågformen hos strömsignalen ( $i(n)$ ) genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation), vilket ger upphov till en strömvektor  $I$  som innehåller frekvensspektrum för strömsignalen ( $i(n)$ ) i form av N st komplexa strömmar;

20 - medel för bildande av en effektvektor ( $P$ ) genom elementvis multiplikation av spänningsvektorn ( $U$ ) och strömvektorn ( $I$ );

- medel för multiplicering av effektvektorn ( $P$ ) med en viktvektor ( $W$ ) som eliminerar effektbidrag som härrör från nätfrekvensen, varvid effektvektorn ( $P$ ) innefattar deffekter ( $P_k$ ) avseende effektbidrag från störningskällan,

25 - medel för bildande av en flimmereffekt ( $II$ ) med ett teckenvärde genom summering av deffekterna ( $P_k$ ), och;

- medel för analys av teckenvärdet, varvid teckenvärdet anger i vilken riktning störningskällan befinner sig från mätpunkten.

### 30 FIGURBESKRIVNING

Uppfinningen kommer nedan att beskrivas i ett antal utföringsformer med hänvisning till ett antal figurer där.

Fig. 1 visar en ekvivalent tvåpol för ett elnät enligt uppfinningen;

Fig. 2a visar variationer i spänningens effektivvärde  $U_L$  ;

5

Fig. 2b visar variationer i strömmens effektivvärde  $I_L$ ;

Fig. 3 visar ett frekvensspektrum för en amplitudmodulerad spänningssignal med endast en lågfrekvent komponent;

10

Fig. 4 visar ett signalflödesschema för en mätmetod enligt en utföringsform av uppfinningen;

Fig. 5 visar ett signalflödesschema för en mätmetod enligt en annan utföringsform av uppfinningen;

15

Fig. 6 visar ett signalflödesschema för en mätmetod enligt ytterligare en utföringsform av uppfinningen;

Fig. 7 visar en amplitudkaraktistik för ett bandpassfilter som används vid utföringsformen beskriven i anslutning till Fig. 6;

20

Fig. 8 visar ett principiellt blockschema över en anordning som kan användas vid metoderna beskrivna i de olika utföringsformerna;

25

Figur 9 visar schematiskt ett nät innefattande en störningskälla F1, en last L1, en generator G för generering av växelspanning, och;

Fig. 10 visar schematiskt ett diagram över flimmereffekten  $\Pi$  för ett antal samplingspunkter n.

30

Hans-Erik Kressen

## FÖREDRAGNA UTFÖRINGSFORMER

- Nedan kommer både allmän teori och ett antal utföringsformer att beskrivas. Den allmänna teorin är nödvändig för förståelse av de nedan beskrivna utföringsformerna. Vid de ekvationer som beskrivs anger en punkt mellan två bokstäver i en ekvation en elementvis multiplikation av vektorer.

- Som nämnts ovan avser uppfinningen ge en metod att bestämma i vilken riktning en störningskälla befinner sig i förhållande till en mätpunkt. Vid riktningensbestämning av lågfrekventa variationer såsom flimmer, måste
- 10 vågformen hos spänning och ström spelas in i den eller de faser där riktningen skall bestämmas. Därefter skall den inspelade informationen signalbehandlas enligt någon av de utföringsformer som beskrivs i nedanstående signalflödesscheman. Resultatet av signalbehandlingen blir en flimmereffekt  $II$  med ett teckenvärde. Teckenvärdet anger i vilken riktning
- 15 störningskällan befinner sig i förhållande till en mätpunkt.

- I figur 1 visas en ekvivalent tvåpol för ett elnät enligt tidigare känd teknik. Elnätet kan schematiskt delas in i tre delar vilka brukar benämnas generator
- 20 1, transmissionsledning 2 och last 3. När en last 3 ansluts, kommer en ström  $I$  att flyta i kretsen. Detta leder till att ett spänningsfall  $U_Z$  uppstår över den inre impedansen  $Z_T$  varvid spänningen  $U_L$  över lasten sjunker. Kopplas lasten in och ur periodiskt (cykliskt) kommer också strömmen  $I$  att öka och minska cykliskt, varvid spänningen  $U_L$  minskar och ökar cykliskt (förutsatt att generatorspänningen  $U_G$  hålls konstant).

25

- I figur 1 visas en mätpunkt 17 och en punkt 18 som markerar en punkt ovanför, d.v.s. uppströms, mätpunkten 17 och en punkt 19 som markerar en punkt nedanför, d.v.s. nedströms, mätpunkten 17. Benämningarna ovanför och nedanför mätpunkten 17 är väsentliga då det skall anges i vilken riktning
- 30 störningskällan befinner sig i förhållande till mätpunkten.

- Enligt uppfinningen sker i mätpunkten en upptagning av en amplitudmodulerad strömsignal  $i(n)$  innefattande signaler som härrör från en nätfrekvens  $f_c$  samt lågfrekventa amplitudvariationer i strömsignalen  $i(n)$ . De lågfrekventa amplitudvariationer härrör från störningskällan. Dessutom sker
- 5 en upptagning av en amplitudmodulerad spänningssignal  $u(n)$  innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen  $f_c$  samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen  $u(n)$ . Även här härrör de lågfrekventa amplitudvariationer från störningskällan
- 10 I figur 2a och 2b visas principscheman över variationer i spänningens effektivvärde  $U_{RMS}$  för spänningen  $U_L$  och strömmens effektivvärde  $I_{RMS}$  för strömmen  $I$ . Enligt uppfinningen avser förändringarna i effektivvärdena för ström och spänning  $U_{RMS}$  och  $I_{RMS}$  de momentana ändringarna i spänning och ström som uppkommer på grund av de lågfrekventa
- 15 amplitudvariationerna från störningskällan. I figur 2a och 2b visas ej signaler som härrör från nätfrekvensen. Det är dock känt att de lågfrekventa amplitudvariationerna modulerar nätfrekvensen  $f_c$ . De eventuella ändringar som sker i ström och spänning och som härrör från nätfrekvensen är försumbara. Effektivvärdesändringarna  $U_{RMS}$  och  $I_{RMS}$  speglar således de
- 20 momentana förändringarna i ström och spänning som kan härledas från de lågfrekventa variationerna. I figur 2a och 2b är det ur uppfinningssynpunkt därför enbart intressant att visa variationerna i spänningens effektivvärde  $U_{RMS}$  och strömmens effektivvärde  $I_{RMS}$ . Variationerna i spänningens effektivvärde  $U_{RMS}$  och strömmens effektivvärde  $I_{RMS}$  är, enligt den
- 25 uppfinningsenliga metoden beskriven nedan, beroende på om störningskällan finns ovanför eller nedanför mätpunkten 17.
- I figur 2a visas situationen då flimmereffekten utbreder sig från last mot generator, varvid förändringarna i effektivvärdena för ström  $I_{RMS}$  och spänning  $U_{RMS}$  sker momentant och i motfas. Då lasten ökar, ökar strömmen
- 30 I varvid spänningsfallet över  $U_{ZT}$  ökar, vilket ger att  $U_L$  minskar momentant.

- 5 I figur 2b visas situationen då flimmereffekten utbreder sig från generator mot last, varvid förändringarna i effektivvärdena för ström  $I_{RMS}$  och spänning  $U_{RMS}$  sker momentant och i fas. En ökning av  $U_G$  ger momentan ökning av strömmen  $I$ , vilket ger en momentan ökning av  $U_L$ , vilket således ger en samtidig ändring av ström och spänning.

- 10 Vid en teoretisk betraktelse av flimmer är det lämpligt att låta ström- och spänningssignalerna  $u(t)$ ,  $i(t)$  beskrivas som en amplitudmodulation. Det matematiska uttrycket för sådana signaler ges av [1] och [2] enligt:

$$u(t) = \left( U_c + \sum_{k=1}^{\infty} U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) \right) \cos(\omega_c t + \beta_c) \quad [1]$$

$$i(t) = \left( I_c + \sum_{k=1}^{\infty} I_{mk} \cos(\omega_k t + \alpha_k) \right) \cos(\omega_c t + \alpha_c) \quad [2]$$

- 15 Signalerna består dels av en bärvåg  $U_c \cos(\omega_c t)$  resp.  $I_c \cos(\omega_c t)$  samt de lågfrekventa flimmersignalerna  $U_{mk} \cos(\omega_k t)$  resp.  $I_{mk} \cos(\omega_k t)$ . Index c avser bärvågens bidrag och index m avser den lågfrekventa variationens bidrag. Index k anger index för en summering över  $k=1$  värden till N värden.

- 20 I figur 3 visas ett frekvensspektrum för en amplitudmodulerad spänningssignal med endast en lågfrekvent komponent (entonsmodulering). Den lågfrekventa komponenten avser här en lågfrekvent ton som ger upphov till variationerna i amplitud hos både ström och spänning. Med lågfrekvent ton avses här en lågfrekvent signal.

- 25 I figur 3 visas de frekvensband som den lågfrekventa variationen ger upphov till. I figur 3 avser  $f_c$  bärfrekvensen och  $f_m$  frekvensen hos den lågfrekventa variationen. Frekvenskomponenterna vid entonsmodulering finns vid frekvenserna  $f_c$ ,  $f_c - f_m$  och  $f_c + f_m$ .

Figur 3 visas även amplituden  $U_c$  för spänningen hos bärfrekvensen  $f_c$  samt amplituden  $U_m/2$  för spänningsbidraget från den lågfrekventa variationen  $f_m$ .

Figur 3 visar att ett frekvensspektrum hos den modulerande tonen bildar ett  
 5 övre sidband  $f_c + f_m$  och ett undre sidband  $f_c - f_m$  med halva  
 ursprungsamplituden  $U_m$  i varje sidband och placerad på ett frekvensavstånd  
 från bärfrekvensen  $f_c$  motsvarande den modulerande frekvensen  $f_m$ . Låga  
 frekvenser såsom den lågfrekventa störningen ger upphov till sidband nära  
 10 bärfrekvensen. Ju högre frekvens hos störningen desto större  
 frekvensavstånd hos den modulerande frekvensen från bärfrekvensen.

Flimmereffekten,  $\Pi$ , är den effekt som har sitt ursprung i de modulerande  
 tonerna och kan tecknas

$$\begin{aligned} \Pi &= \frac{1}{T} \int_0^T \left( \sum_{k=1}^{\infty} U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) \right) \left( \sum_{k=1}^{\infty} I_{mk} \cos(\omega_k t + \alpha_k) \right) dt = \{\text{ortogonalitet}\} = \\ 15 \quad &= \sum_{k=1}^{\infty} \frac{U_{mk} I_{mk}}{2} \cos(\beta_k - \alpha_k) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{U_{mk} I_{mk}}{2} \cos(\varphi_k) \end{aligned} \quad [3]$$

Formeln [3] visar att de enskilda lågfrekventa tonerna i ström och spänning  
 bildar, efter multiplikation och integrering, flimmereffekten. För att bestämma  
 denna effekt måste de lågfrekventa signalerna i spänning och ström vara  
 20 kända till amplitud och fas och kunna extraheras ur signalpaketen [1] och [2].  
 Detta kan göras på några olika sätt som leder till samma resultat. Exempel  
 på olika metoder beskrivs nedan såsom olika utföringsformer av  
 uppfinnningen.

25 Nedan kommer två utföringsformer att beskrivas som bygger på att  
 frekvensspektrum för de samplade vågformerna  $u[n]$  och  $i[n]$  bestäms genom  
 att utföra en N-punkters DFT-analys (DFT = Discrete Fourier Transform). I  
 det praktiska fallet kan en FFT-analys (FFT = Fast Fourier Transform)  
 användas, vilket är en beräkningsalgoritm som ger samma information som

- Fourier- transformen). Utdata från analysen blir två komplexvärda spänning- och strömvektorer  $U$  och  $I$ , vilka innehåller frekvensspektrum för  $u[n]$  och  $i[n]$  i form av  $k = N$  st komplexa spänningar  $U_k$  och strömmar  $I_k$ . Frekvensupplösningen som erhålls beror på vald samplingsfrekvens ( $f_s$ ) samt
- 5 antalet sampel  $N$  som ingår i beräkningen enligt sambandet  $\Delta f = f_s / N$ .

Matematiskt tecknas vektorerna  $U$  och  $I$ :

$$U = [U_1, U_2, U_3, \dots, U_N] = [|U_1| \angle \beta_1, |U_2| \angle \beta_2, |U_3| \angle \beta_3, \dots, |U_N| \angle \beta_N] \quad [4]$$

10

$$I = [I_1, I_2, I_3, \dots, I_N] = [|I_1| \angle \alpha_1, |I_2| \angle \alpha_2, |I_3| \angle \alpha_3, \dots, |I_N| \angle \alpha_N] \quad [5]$$

- Komplexa effekten,  $S$ , skapas utifrån vektorerna  $U$  och  $I$  och innehåller den
- 15 effektstorheterna  $P$  (medeleffekt) och  $Q$  (reaktiv effekt) per ton enligt

$$\begin{aligned}
 S &= [S_1, S_2, S_3, \dots, S_N] = \left[ \frac{1}{2} U_1 \cdot I_1^*, \frac{1}{2} U_2 \cdot I_2^*, \frac{1}{2} U_3 \cdot I_3^*, \dots, \frac{1}{2} U_N \cdot I_N^* \right] = \\
 &= \left[ \frac{1}{2} |U_1| \angle \beta_1 \cdot |I_1| \angle -\alpha_1, \frac{1}{2} |U_2| \angle \beta_2 \cdot |I_2| \angle -\alpha_2, \frac{1}{2} |U_3| \angle \beta_3 \cdot |I_3| \angle -\alpha_3, \dots, \frac{1}{2} |U_N| \angle \beta_N \cdot |I_N| \angle -\alpha_N \right] = \\
 &= \left[ \frac{1}{2} |U_1| \cdot |I_1| \angle \varphi_1, \frac{1}{2} |U_2| \cdot |I_2| \angle \varphi_2, \frac{1}{2} |U_3| \cdot |I_3| \angle \varphi_3, \dots, \frac{1}{2} |U_N| \cdot |I_N| \angle \varphi_N \right] = \\
 &= [P_1 + jQ_1, P_2 + jQ_2, P_3 + jQ_3, \dots, P_N + jQ_N]
 \end{aligned} \quad [6]$$

20

Den aktiva effekten  $P_1$  erhålls som realdelen av  $S_1$ , enligt:

$$P_1 = \text{Re}\{S_1\} = \text{Re}\{P_1 + jQ_1\} \quad [7]$$

- 25 Vektorerna  $U$ ,  $I$  och  $S$  innehåller frekvensspektrum från vinkelfrekvensen  $f = 0$  Hz till  $f = f_s$  Hz. Ofta önskar man vika informationen och/eller nollställa

Bewertung: Klausur

vissa frekvenser. Ett enkelt och effektivt sätt att göra detta är införa viktningsektorn  $W$  enligt:

$$W = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_N] \quad [8]$$

5

Viktningsektorn  $W$  innehåller element,  $w_k$ , som innehåller konstanter som elementvis multipliceras med  $U$ ,  $I$  och  $S$ . Skall spänningsektorn  $U$  nollställas för frekvenser ovanför halva samplingsfrekvensen utförs följande operation (punktnotationen i [9] avser elementvis multiplikation):

10

$$U_{\text{mod}} = U \cdot W \quad \text{där} \quad [9]$$

$$w_k = \begin{cases} 1 & \text{för } 1 \leq k \leq \frac{N}{2} \\ 0 & \text{för } \frac{N}{2} < k \leq N \end{cases}$$

- 15  $U_{\text{mod}}$  är den modifierade spänningsektorn innehållande frekvensspektrum upp till halva samplingsfrekvensen. Däröver är elementen spänningsektorn noll.

- 20 Viktningsektorns element,  $w_k$ , kan väljas så att önskat resultat uppnås. Till exempel kan filterkaraktäristik åstadkommas genom att man väljer lämpliga värden på elementen  $w_k$ . Vidare kan man införa olika viktningsektorer för  $U$ ,  $I$  och  $S$  i syfte att uppnå önskat resultat.

- 25 Filmmereffekten,  $\Pi$ , erhålls genom att summera de effekter,  $P_k$ , vilka bidrar till flimmerfenomenet. Det vill säga

$$\Pi = \sum_{k=1}^N \text{Re} \left\{ \frac{1}{2} W_k \cdot U_k \cdot I_k^* \right\} \quad [10]$$

I figur 4 visas ett signalflödesschema för en mätmetod enligt en utföringsform av uppfinningen för en första mätmetod. Beräkning av flimmereffekten  $\Pi$  sker genom att frekvensanalysera vågformen hos spänning och ström.

5

Insignalema till signalflödesschemat i figur 4 består av de två insignalvektorerna,  $u[n]$  och  $i[n]$ , vilka innehåller de samplade vågformerna för spänning och ström. Avståndet i tid mellan två index ( $n$  och  $n+1$ ) i insignalvektorema motsvarar  $1/f_s$ , där  $f_s$  avser samplingsfrekvens.

10

Genom att utnyttja den tidigare beskrivna teorin på det signalflödesschema som beskrivs i figur 4 kan flimmereffekten beräknas. I figur 4 anges två block benämnda DFT som avser en transformering av ström- respektive spänningssignalerna  $i(n)$  och  $u(n)$  genom en s.k. Discrete Fourier Transform.

15

Signalen som kommer ut från DFT:n för spänningssignalen  $u(n)$  benämns  $U$  och innefattar komponenterna  $U_k \angle \beta_k$  som avser ett antal värden för olika vinklar  $\beta_k$ , där index  $k$  anger vilken punkt som avses i DFT:n. Signalen som kommer ut från DFT:n för strömsignalen  $i(n)$  benämns  $I$  och innefattar komponenterna  $I_k \angle \varphi_k$  som avser ett antal värden för olika vinklar  $\varphi_k$ , där index  $k$  anger vilken punkt som avses i DFT:n. I figur 4 visas en multiplikator 3 där vektorerna  $U$ ,  $I$  och  $W$  multipliceras. Signalen ut från multiplikatorn benämns  $P$  och avser en effektvektor innefattande komponenter de effekter  $P_k$  som beskriver den aktiva effekten enligt [7] som realdelen av den komplexa effekten  $S$  enligt [6] och [7].

25

$$P_k = \operatorname{Re}\{0.5 \cdot w_k \cdot |U_k| \angle \beta_k \cdot |I_k| \angle -\varphi_k\} \quad [10a]$$

I figur 4 visas dessutom en summationspunkt  $\Sigma$  som anger bildandet av flimmereffekten  $\Pi$  genom summering av de aktiva effekterna  $P_k$  enligt [10a],  
där:

30

2002-10-23

$$I_{\text{flimmer}} = \sum_{k=1}^N \text{Re}\{0.5 \cdot w_k |U_k| \angle \beta_k |I_k| \angle -\phi_k\} \quad [10b]$$

Frekvensspektrum hos vågformerna  $u[n]$  och  $i[n]$  beräknas med en  $N$ -punkters DFT analys. Därefter beräknas flimmereffekten  $I$  genom att utnyttja [10]. Innehållet i viktningsvektorn  $W$  är avgörande för det slutgiltiga resultatet. Elementen i  $W$  skall väljas så att effekten i bärvågen nollställs och att endast de toner som härrör från flimmer tas med. Detta kan göras på tre sätt. Antingen utnyttjar man informationen från 1) övre sidbandet, 2) undre sidbandet eller 3) summerar per frekvens informationen i de båda sidbanden och därefter beräknar effekten genom att utnyttja [10].

För att exemplifiera hur beräkningarna går till antar vi att bärvågssignalen finnas i element  $M$  hos vektorena  $U$  och  $I$ . Vi antar vidare att de lågfrekventa flimmertonerna i vektorena  $U$  och  $I$  finns i elementen  $k$  med indexen:

$$M-i \leq k < M \quad \text{och} \quad M < k \leq M+i$$

Antalet flimmertoner ges av konstanten  $i$ . Väljer man att utnyttja informationen i undre sidbandet vid beräkning av flimmereffekten väljs elementen  $w_k$  i viktningsvektorn  $W$  enligt

$$w_k = \begin{cases} 0 & \text{för } 1 \leq k < M-i \\ 2 & \text{för } M-i \leq k < M \\ 0 & \text{för } M \leq k \leq N \end{cases}$$

Flimmereffekten skapas därefter genom att utnyttja formel [10].

Väljer man att utnyttja informationen i övre sidbandet vid beräkning av flimmereffekten skall elementen  $w_k$  i viktningsvektorn  $W$  väljas enligt

$$5 \quad w_k = \begin{cases} 0 & \text{för } 1 \leq k \leq M \\ 2 & \text{för } M < k \leq M+i \\ 0 & \text{för } M+i < k \leq N \end{cases}$$

Flimmereffekten skapas därefter genom att utnyttja formel [10].

Väljer man att utnyttja informationen i båda sidbandet för att beräkna flimmereffekten skall elementen  $w_k$  i viktningsvektorn  $W$  väljas enligt

10

$$w_k = \begin{cases} 0 & \text{för } 1 \leq k < M-i \\ 1 & \text{för } M-i \leq k < M \text{ och } M < k \leq M+i \\ 0 & \text{för } k = M \end{cases}$$

15 Flimmereffekten  $\Pi$  skapas därefter genom formeln

$$\Pi = \sum_{k=0}^{i-1} \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2} w_k \cdot (U_{(M-i+k)} + U_{(M+i-k)}) \cdot (I_{(M-i+k)} + I_{(M+i-k)})^* \right\} \quad [10c]$$

20 I figur 5 visas ett signalflödesschema av en andra mätmetod enligt en annan utföringsform av uppfinningen, där beräkningen av flimmereffekten sker genom kvadratdemodulering av spänning och ström varefter en DFT-analys av de lågfrekventa signalerna utförs.

25 Metoden påminner om den första mätmetoden beskriven i anslutning till figur 4, med den skillnaden att innan frekvensspektrum beräknas så

Huvudföreläsning

Kvadratdemoduleras signalerna vilket i figur 5 benämns  $X^2$ . Därmed separeras de lågfrekventa signalerna från bärvågen enligt nedanstående uttryck:

$$\begin{aligned}
 u^2(t) &= \left( U_c + \sum_{k=1}^N U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) \right)^2 \cos^2(\omega_c t + \beta_c) = \\
 &= \left( U_c^2 + 2 \cdot U_c \cdot \sum_{k=1}^N U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) + \left( \sum_{k=1}^N U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) \right)^2 \right) \cdot \frac{1}{2} (1 + \cos(2\omega_c t + 2\beta_c)) = \\
 5 \quad &= \left\{ \frac{U_c^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot U_c \cdot \sum_{k=1}^N U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) + \frac{1}{2} \cdot \left( \sum_{k=1}^N U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) \right)^2 \right\} + \\
 &+ \left\{ \frac{U_c^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot U_c \cdot \sum_{k=1}^N U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) + \frac{1}{2} \cdot \left( \sum_{k=1}^N U_{mk} \cos(\omega_k t + \beta_k) \right)^2 \right\} \cdot \frac{1}{2} \cos(2\omega_c t + 2\beta_c)
 \end{aligned}$$

[11]

- Kvadratdemodulering innebär att två i frekvens åtskiljda signalpaket skapas.
- 10 Det ena signalpaketet består av en likkomponent, de modulerande frekvenserna och de modulerande signalerna i kvadrat. Det sistnämnda är en icke önskad blandningsprodukt. Det andra signalpaketet innehåller samma termer fast i frekvens centrerade kring dubbla bärvågsfrekvensen. Vid beräkning av flimmereffekten ingår endast de termer som är markerade med
- 15 dubbel understrykning i [11]. Den ena termen innehåller de lågfrekventa flimmertonerna multiplicerade med bärvågsamplituden och den andra termen är den modulerade signalen i kvadrat. Storleksmässigt är den första termen mycket större än den andra, vilket innebär att kvadrattermen påverkar resultatet mycket lite. Motsvarande uttryck erhålles vid kvadrering av
- 20 strömsignalen  $i(t)$ .

Insignalerna till signalflödesschemat i figur 5 består av de två signalsvektorena,  $u[n]$  och  $i[n]$ , vilka innehåller de samplade vågformerna för spänning och ström. Avståndet i tid mellan två index ( $n$  och  $n+1$ ) i

2 3

Huvudforman i signalvektorerna motsvarar  $1/f_s$ . I  $X^2$  kvadreras varje element i signalvektorerna och utgör indata till den N-punkters diskreta Fouriertransformen DFT. Utsignalen från respektive DFT är komplexvärda vektorer U och I innehållande frekvensspektrum för  $u[n]$  och  $i[n]$  (både

5 amplitud- och fasinformation) med en frekvensupplösning av  $\Delta f = f_s/N$ . Innehållet i U och I tecknas:

$$U = [U_1, U_2, U_3, \dots, U_N] = [|U_1| \angle \beta_1, |U_2| \angle \beta_2, |U_3| \angle \beta_3, \dots, |U_N| \angle \beta_N]$$

10

$$I = [I_1, I_2, I_3, \dots, I_N] = [|I_1| \angle \alpha_1, |I_2| \angle \alpha_2, |I_3| \angle \alpha_3, \dots, |I_N| \angle \alpha_N]$$

Den komplexa effekten, S, beräknas genom;

$$15 \quad S = \frac{1}{2} w_{1k} \cdot U \cdot w_{2k} \cdot I^* \quad [12]$$

Den eftersökta flimmereffekten  $\Pi$  erhålls sedan genom formeln

$$\Pi = \sum_{k=1}^i \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2} w_{1k} \cdot U_k \cdot w_{2k} \cdot I_k^* \right\} \quad [13]$$

20

Elementen  $w_{1k}$  och  $w_{2k}$  nollställer de frekvenskomponenter som inte orsakar flimmer samt viktar fram rätt amplituder hos frekvenskomponenterna  $U_k$  och  $I_k$  enligt

$$25 \quad w_{1k} = \begin{cases} \frac{1}{U_c} & \text{för } 1 \leq k \leq i \\ 0 & \text{för } k > i \end{cases} \quad [14]$$

Huvudformeln

$$w2_k = \begin{cases} \frac{1}{I_c} & \text{för } 1 \leq k \leq i \\ 0 & \text{för } k > i \end{cases}$$

[15]

I [13], [14] och [15] antas att flimmertoner finns i ett frekvensband till och med ton  $i$  ( $0 < f_{\text{flimmer}} \leq i$ ). Rätt värde på viktningsfaktorena kan identifieras genom att studera [11]. Metoden är ej begränsad till de viktningsfaktorer som angivits ovan, utan andra konstanter i viktvektorn kan användas för att erhålla önskad filtereffekt.

I figur 6 visas ett signalflödesschema enligt ytterligare en utföringsform av uppfinningen för en tredje mätmetod, där flimmereffekten beräknas genom kvadratdemodulering av spänning  $u(n)$  och ström  $i(n)$  där de lågfrekventa tonerna filtreras fram genom användning av bandpassfilter 2A respektive 2B.

I stället för att utnyttja DFT-analys och viktvektorer som beskrivits vid de två tidigare utföringsformerna beskrivna i anslutning till figurerna 4 och 5, används i denna mätmetod bandpassfilter 2A, 2B för att filtrera fram de lågfrekventa flimmertonerna.

Signalsvektorena  $u[n]$  och  $i[n]$  innehåller de samplade vågformerna för spänning och ström. I komponenterna 1A och 1B separeras, likt mätmetoden beskriven i anslutning till figur 5, bärvåg (signal från nätfrekvens) och de lågfrekventa flimmertonerna genom att varje sampel kvadreras. Endast de lågfrekventa flimmertonerna tillåts passera bandpassfiltren 2A och 2B. Som insignaler till multiplikatorn 4 finns således endast de lågfrekventa flimmertonerna i spänning  $u_{LF}[n]$  och ström  $i_{LF}[n]$ . Utsignalen från multiplikatorn 4 är den momentana flimmereffekten  $II[n] = u_{LF}[n] \times i_{LF}[n]$ . Flimmereffekten  $II$  erhålles genom att integratorn 5 medelvärdesbildar den momentana effekten  $II(n)$ . Detta kan göras med ett digitalt filter i form av t.ex. ett lågpasfilter.

2000-10-10

- Bandpassfiltren, 2A och 2B dimensioneras så att man erhåller en undre gränsfrekvens på 0,1 Hz och en övre gränsfrekvens på 25 Hz. Alternativt kan man använda de bandpassfilter som finns definierade i standarden IEC 61000-4-15 som beskriver en flimmeralgoritm.

Överföringsfunktionen för filtret i IEC-standardens tecknas

$$H(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega^2} \cdot \frac{1 + s/\omega_2}{(s + 1/\omega_3)(s + 1/\omega_4)} \quad [16]$$

Koefficienterna i [16] skall ha värden enligt nedanstående tabell.

$k=1,748\ 02$	$\lambda=2\pi \cdot 4,059\ 81$
$\omega_1=2\pi \cdot 9,154\ 94$	$\omega_3=2\pi \cdot 1,225\ 35$
$\omega_2=2\pi \cdot 2,279\ 79$	$\omega_4=2\pi \cdot 21,9$

- 15 Tabell 1.

I figur 7 visas amplitudkaraktistik för bandpassfiltret med överföringsfunktion enligt [16] och koefficienter enligt tabell 1.

- 20 Det är också möjligt att välja bandpassfilter med annan karakteristik än den som beskrivs i [16]. Till exempel kan man välja ett M:e ordningens Butterworth- eller Tjebyshev filter.

- 25 Figur 8 visar ett blockschema över hårdvaran till Instrumentet. Instrumentet är uppbyggt kring en signalprocessor 7 vilken administrerar mätinformationen, utför nödvändiga beräkningar enligt de mätmetoder som beskrivs i figurerna 4-6 och 9. Signalprocessorn 7 styr också samplingsprocessen vid omvandlingen av analoga signaler till digitala

signaler (A/D-omvandlingen). De upptagna signalerna, dvs. vågformen hos ström och spänning, erhålls antingen från i nätet befintliga ström- och spänningstransformatorer eller från mätgivare vilka finns tillgängliga i instrumentet. Signalprocessorn kan vara en dator eller en logiskt uppbyggd krets, eller någon annan lämplig anordning att styra anordningar och att signalbehandla signaler.

I figur 8 visas en signalkonditioneringsanordning 8 för den upptagna spänningssignalen. Den uppmätta spänningen signalanpassas genom en resistiv spänningsdelning, varvid rätt signalsnivå erhålls till efterföljande steg som är ett Anti-alias-filter 10.

I figur 8 visas även en signalkonditioneringsanordning 9 för den upptagna strömsignalen. Signálnivån för strömkanalen anpassas till instrumentet antingen via lågohmig shuntning varvid spänningsfallet över shunten förstärks och blir signalsnivå till efterföljande steg som är ett Anti-alias-filter 11. Alternativt kan strömsignalerna erhållas från strömtänger anslutna till instrumentet.

Anti-alias-filtrens 10, 11 uppgift är att förhindra vikningsdistorsion vilket uppstår om den upptagna signalen har ett frekvensinnehåll som överstiger halva samplingsfrekvensen (se teori för samplingsteoremet). Anti-alias-filtren kan implementeras i form av ett analogt Sallen-Key lågpasfilter enligt fig. 7 och har en gränshfrekvens motsvarande halva samplingsfrekvensen.

25

De nivåanpassade och filtrerade signalerna samplas i samplingsanordningar 12, 13 med en samplingsfrekvens, t.ex. 6400 Hz. Den digitala rådatan i form av samplade amplitudvärden sparas i ett mätminne 14 för att sedan utgöra indata till de ovan angivna mätmetoderna.

30

Mjukvaran som styr signalprocessorn 7 finns i ett programminne 15. Det färdiga resultatet, d.v.s. flimmereffekten med teckenvärde och inre

2052-12-4 3

Huvudföreläsaren

impedansen, kan visas både numeriskt och grafiskt i en presentationsanordning 16. Presentationsanordningen kan vara vilken som helst känd anordning för numerisk och grafisk presentation, t.ex. en bildskärm.

5

Figur 9 visar schematiskt ett nät innefattande en störningskälla F1, en last L1, en generator G för generering av växelspanning. I figur 9 visas strömriktningen för strömmen I med en pil i kopplingslinjerna. Strömmen går från generatoren G till störningskällan F1 och lasten L1. I figur 9 visas även en första mätpunkt M1. I anslutning till M1 finns markerat en punkt ovanför 18 och en punkt nedanför 19 mätpunkten M1. I figur 9 visas även en andra mätpunkt M2. I anslutning till M2 finns markerat en punkt ovanför 18 och en punkt nedanför 19 mätpunkten M2. Störningskällan F1 ger i nätet ifrån sig en lågfrekvent amplitudvariation som breder ut sig i riktning med en i figur 9 visad heldragen pil 20.

Med den uppfinningsenliga metoden beskriven ovan anger flimmereffektens II tecken i vilken riktning störningskällan befinner sig i förhållande till en mätpunkt. Enligt en utföringsform av uppfinningen är teckenvärdet hos flimmereffekten negativt då störningskällan befinner sig nedanför 19 mätpunkten och positivt då störningskällan befinner sig ovanför 18 mätpunkten.

I den första mätpunkten M1 erhålles således ett negativt tecken på flimmereffekten II eftersom störningskällan F1 befinner sig nedanför 19 den första mätpunkten. Detta eftersom att de lågfrekventa variationerna i ström och spänning ligger i motfas i den första mätpunkten M1.

I den andra mätpunkten M2 erhålles däremot ett positivt tecken på flimmereffekten II eftersom störningskällan F1 befinner sig ovanför 18 den

Huvudföreläggningen: I den andra mätpunkten M2. Detta eftersom de lågfrekventa variationerna i ström och spänning ligger i fas i den andra mätpunkten M2.

I figur 10 visas schematiskt ett diagram över flimmereffekten II för ett antal  
5 samplingspunkter  $n$  under ett visst tidsintervall då upptagningar gjorts av de modulerade ström- och spänningssignalerna  $i(n)$ ,  $u(n)$ .

I figur 10 visas en första kurva K1 på den negativa undre delen av  
10 diagrammet. I diagrammet visas dessutom en andra kurva K2 på den övre delen av diagrammet. Den första kurvan K1 motsvarar en effektsignal som efter medelvärdesbildning ger upphov till en flimmereffekt II med ett negativt värde och motsvaras således av den flimmereffekt II som erhållits vid den första mätpunkten M1 i figur 9. Den andra kurvan K2 motsvarar en effektsignal som efter medelvärdesbildning ger upphov till en flimmereffekt II  
15 med ett positivt värde och motsvaras således av den flimmereffekt II som erhållits vid den andra mätpunkten M2 i figur 9.

I figur 10 visas även att K1 spegelvänd över samplingsaxeln  $n$  motsvaras av  
20 K2. Detta har visat sig stämma väl i experiment och har sin förklaring i att flimmereffekten II byter tecken då utbredningen av den lågfrekventa störningen ändras från att gå mot grundtonens effektriktning till att gå med grundtonens effektriktning, eller vice versa. Det är således nödvändigt att veta i vilken riktning generator respektive last finns i förhållande till mätpunkten för att det skall vara möjligt att tolka teckenvärdet på rätt sätt.  
25 Den del av diagrammet som visar perioden mellan noll och då K1 respektive K2 startar, visar en tidsperiod då störningskällan F1 ej är inkopplad.

2002-12-23

Huvudkrav **PATENTKRAV**

1. Metod för bestämning av riktning till störkälla i förhållande till en mätpunkt i ett elnät med växelström med en nätfrekvens ( $f_0$ ) med lågfrekventa amplitudvariationer från störningskällan, kännetecknad av att  
5 metoden innefattar stegen;
  - upptagning av en amplitudmodulerad strömsignal ( $i(n)$ ) innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_0$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i strömsignalen ( $i(n)$ );
  - upptagning av en amplitudmodulerad spänningssignal ( $u(n)$ ) innefattande  
10 signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_0$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen ( $u(n)$ );
  - signalbehandling av strömsignalen ( $i(n)$ ) på sådant sätt att enbart de lågfrekventa amplitudvariationerna kvarstår i form av ett störningsbidrag för strömsignalen ( $i(n)$ );
  - 15 -signalbehandling av spänningssignalen ( $u(n)$ ) på sådant sätt att enbart de lågfrekventa amplitudvariationerna kvarstår i form av ett störningsbidrag för spänningssignalen ( $u(n)$ );
  - bildande av en produkt genom multiplicering av störningsbidraget för ström och störningsbidraget för spänning,
  - 20 -bearbetning av produkten på sådant sätt att en flimmereffekt (II) erhålls med ett teckenvärde som anger i vilken riktning störningskällan befinner sig i förhållande till mätpunkten.
2. Metod enligt krav 1, *kännetecknad* av att teckenvärdet hos flimmereffekten  
25 är negativt då störningskällan befinner sig nedanför (19) mätpunkten (17) och att teckenvärdet är positivt då störningskällan befinner sig ovanför (18) mätpunkten (17).
3. Metod enligt krav 1 eller 2, *kännetecknad* av att;  
30 - signalbehandlingen av strömsignalen ( $i(n)$ ) innefattar stegen;
  - bildande av en första demodulerad signal genom demodulering av strömsignalen ( $i(n)$ );

2012-12-23

Hans-Joachim Krosen

-bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen ( $f_0$ ) i den första demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna kvarstår i form av störningsbidraget för ström;

- 5 - signalbehandlingen av strömsignalen ( $i(n)$ ) innefattar stegen;
- bildande av en andra demodulerad signal genom demodulering av spänningssignalen;
  - bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen i den andra demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna kvarstår i form av störningsbidraget för spänning;
- 10

4. Metod enligt krav 4, *kännetecknad* av att metoden innefattar stegen;

- bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen ( $f_0$ ) i den första demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna avseende störningsbidraget för ström kvarstår i form av en störningssignal ( $I_{LF(n)}$ ) för ström;
  - bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen i den andra demodulerade signalen på sådant sätt att de lågfrekventa variationerna avseende störningsbidraget för spänning kvarstår i form av en störningssignal ( $U_{LF(n)}$ ) för spänning;
  - att produkten bildar en momentan effektsignal ( $II(n)$ ) genom multiplikation av störningssignalen ( $I_{LF(n)}$ ) för ström och störningssignalen ( $U_{LF(n)}$ ) för spänning;
  - att produkten bearbetas genom medelvärdesbildning av den momentana effektsignalen ( $II(n)$ ) varvid flimmereffekten ( $II$ ) bildas med teckenvärdet.
- 15
- 20
- 25

5. Metod enligt något av kraven 3-4, *kännetecknad* av att;

- den första demodulerade signalen bildas genom kvadratdemodulering av strömsignalen;
- 30

2 3

den andra demodulerade signal bildas genom kvadratdemodulering av spänningssignalen.

6. Metod enligt något av kraven 3 eller 4, *kännetecknad* av att bortfiltreringen utförs med ett bandpassfilter med en undre gräns på 0.1 Hz och en övre gräns på 35 Hz, men med en föredragen övre gräns på 25 Hz.

7. Metod för diagnostik i en mät punkt hos ett elnät med växelström med en nätfrekvens ( $f_0$ ) med lågfrekventa amplitudvariationer från en störningskälla, *kännetecknad* av att metoden innefattar stegen;

-upptagning av en amplitudmodulerad strömsignal ( $i(n)$ ) innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_0$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i strömsignalen ( $i(n)$ );

-upptagning av en amplitudmodulerad spänningssignal ( $u(n)$ ) innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_0$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen ( $u(n)$ );

-frekvensanalys av vågformen hos spänningssignalen ( $u(n)$ ) genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation), vilket ger upphov till en spänningsvektor ( $U$ ) som innehåller frekvensspektrum för spänningssignalen ( $u(n)$ ) i form av N st komplexa spänningar;

-frekvensanalys av vågformen hos strömsignalen ( $i(n)$ ) genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation), vilket ger upphov till en strömvektor  $I$  som innehåller frekvensspektrum för strömsignalen ( $i(n)$ ) i form av N st komplexa strömmar;

-bildande av en effektvektor ( $P$ ) genom elementvis multiplikation av spänningsvektorn ( $U$ ) och strömvektorn ( $I$ );

-multiplicering av effektvektorn ( $P$ ) med en viktvektor ( $W$ ) som eliminerar effektbidrag som härrör från nätfrekvensen, varvid effektvektorn ( $P$ ) innefattar deleffekter ( $P_k$ ) avseende effektbidrag från störningskällan,

-bildande av en flimmereffekt ( $II$ ) med ett tecken värde genom summering av deleffekterna ( $P_k$ ), och;

-analys av teckenvärdet, varvid teckenvärdet anger i vilken riktning störningskällan befinner sig från mätpunkten.

8. Metod enligt krav 6, *kännetecknad* av att flimmereffekten ( $\Pi$ ) bildas genom
- 5 följande steg;
- summering av de effekterna ( $P_k$ ) genom formeln:

$$\Pi = \sum_{k=1}^N \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2} W_k \cdot U_k \cdot I_k^* \right\}$$

- 10 9. Metod enligt krav 6, *kännetecknad* av att flimmereffekten ( $\Pi$ ) bildas genom följande steg;
- kvadratdemodulering ( $x^2$ ) av spänningssignalen ( $u(n)$ );
- kvadratdemodulering ( $x^2$ ) av strömsignalen ( $i(n)$ );
- beräkning av frekvensspektrum hos den kvadratdemodulerade
- 15 spänningssignalen genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation) vilket ger upphov till spänningsvektorn ( $U$ );
- beräkning av frekvensspektrum hos den kvadratdemodulerade strömsignalen genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation) vilket ger upphov till strömvektorn ( $I$ );
- 20 -bildande av flimmereffekten ( $\Pi$ ) genom summering av de effekterna ( $P_k$ ) som bidrar till flimmerfenomenet genom formeln:

$$\Pi = \sum_{k=1}^N \operatorname{Re} \left\{ \frac{1}{2} w1_k \cdot U_k \cdot w2_k \cdot I_k^* \right\}$$

- 25 där elementen  $w1_k$  och  $w2_k$  ersätter  $W$  och eliminerar effektbidrag som härrör från nätfrekvensen samt vikt fram rätt amplituder hos frekvenskomponenten  $U_k$  och  $I_k$  enligt

$$w1_k = \begin{cases} \frac{1}{U_c} & \text{för } 1 \leq k \leq i \\ 0 & \text{för } k > i \end{cases}$$

$$w2_k = \begin{cases} \frac{1}{I_c} & \text{för } 1 \leq k \leq i \\ 0 & \text{för } k > i \end{cases}$$

- 5 där det antas att de lågfrekventa störningarna finns i ett frekvensband till och med ton  $i$  ( $0 < f_{\text{limmer}} \leq i$ ).
10. Anordning innefattande medel för bestämning av riktning till storkälla i förhållande till en mätpunkt i ett elnät med växelström med en nätfrekvens ( $f_c$ )
- 10 med lågfrekventa amplitudvariationer från störningskällan, kännetecknad av att anordningen innefattar;
- medel att uppta en amplitudmodulerad strömsignal ( $i(n)$ ) innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_c$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i strömsignalen ( $i(n)$ );
- 15 -medel att uppta en amplitudmodulerad spänningssignal ( $u(n)$ ) innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_c$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen ( $u(n)$ );
- medel att signalbehandla strömsignalen ( $i(n)$ ) på sådant sätt att enbart de lågfrekventa amplitudvariationerna kvarstår i form av ett störningsbidrag för
- 20 strömsignalen ( $i(n)$ );
- medel att signalbehandla spänningssignalen ( $u(n)$ ) på sådant sätt att enbart de lågfrekventa amplitudvariationerna kvarstår i form av ett störningsbidrag för spänningssignalen ( $u(n)$ );
- medel att bilda en produkt genom multiplicering av störningsbidraget för
- 25 ström och störningsbidraget för spänning,

2 3

Huvud

-medel att bearbeta produkten på sådant sätt att en flimmereffekt (II) erhålls med ett teckenvärde som anger i vilken riktning störningskällan befinner sig i förhållande till mätpunkten.

5 11. Anordning enligt krav 10, *kännetecknad* av att;

- medlet för signalbehandling av strömsignalen ( $i(n)$ ) innefattar;

-medel för bildande av en första demodulerad signal genom demodulering av strömsignalen ( $i(n)$ );

10

-medel för bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen ( $f_0$ ) i den första demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna kvarstår i form av störningsbidraget för ström;

- medlet för signalbehandlingen av strömsignalen ( $i(n)$ ) innefattar;

15

-medel för bildande av en andra demodulerad signal genom demodulering av spänningssignalen;

-medel för bortfiltrering av de signaler som härstammar från nätfrekvensen i den andra demodulerade signalen på sådant sätt att enbart de lågfrekventa variationerna kvarstår i form av störningsbidraget för spänning;

20

12. Anordning för diagnostik i en mätpunkt hos ett elnät med växelström med en nätfrekvens ( $f_0$ ) med lågfrekventa amplitudvariationer från en störningskälla, *kännetecknad* av att anordningen innefattar;

-medel för upptagning av en amplitudmodulerad strömsignal ( $i(n)$ ) innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_0$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i strömsignalen ( $i(n)$ );

25

-medel för upptagning av en amplitudmodulerad spänningssignal ( $u(n)$ ) innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_0$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen ( $u(n)$ );

30

-medel för frekvensanalys av vågformen hos spänningssignalen ( $u(n)$ ) genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation), vilket

ger upphov till en spänningsvektor (U) som innehåller frekvensspektrum för spänningssignalen (u(n)) i form av N st komplexa spänningar;

- medel för frekvensanalys av vågformen hos strömsignalen (i(n)) genom en N-punkters DFT-analys (Discrete Fourier Transformation), vilket ger upphov till en strömvektor I som innehåller frekvensspektrum för strömsignalen (i(n)) i form av N st komplexa strömmar;
- medel för bildande av en effektvektor (P) genom elementvis multiplikation av spänningsvektorn (U) och strömvektorn (I);
- medel för multiplicering av effektvektorn (P) med en viktvektor (W) som eliminerar effektbidrag som härrör från nätfrekvensen, varvid effektvektorn (P) innefattar deffekter (P<sub>k</sub>) avseende effektbidrag från störningskällan,
- medel för bildande av en flimmereffekt (II) med ett teckenvärde genom summering av deffekterna (P<sub>k</sub>), och;
- medel för analys av teckenvärdet, varvid teckenvärdet anger i vilken riktning störningskällan befinner sig från mätpunkten.



### **SAMMANDRAG**

Föreliggande uppfinning avser en metod för bestämning av riktning till en storkälla i förhållande till en mätpunkt i ett elnät med växelström med en nätfrekvens ( $f_0$ ) med lågfrekventa amplitudvariationer från störningskällan.

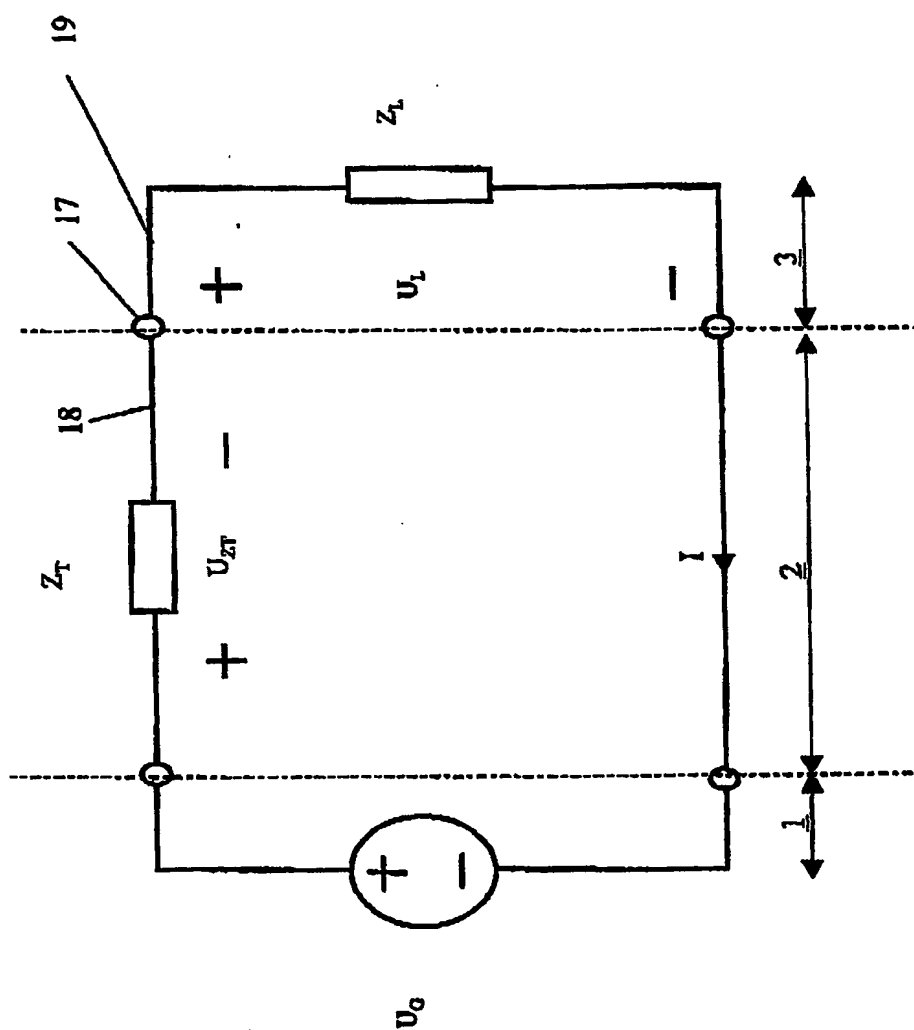
- 5 Uppfinningen kännetecknas av att metoden innefattar stegen;
  - upptagning av en amplitudmodulerad strömsignal ( $i(n)$ ) innefattande signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_0$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i strömsignalen ( $i(n)$ );
  - upptagning av en amplitudmodulerad spänningssignal ( $u(n)$ ) innefattande
- 10 signaler som härrör från nätfrekvensen ( $f_0$ ) samt de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen ( $u(n)$ );
  - bildande av en flimmereffekt med ett teckenvärde genom multiplikation av de lågfrekventa amplitudvariationerna i strömsignalen och de lågfrekventa amplitudvariationerna i spänningssignalen, och;
- 15 -analys av teckenvärdet varvid teckenvärdet anger i vilken riktning störningskällan befinner sig i förhållande till mätpunkten. Metoden innefattar även en anordning avsedd att användas vid utförandet av metoden.

(Fig. 5)



1/10

Fig. 1





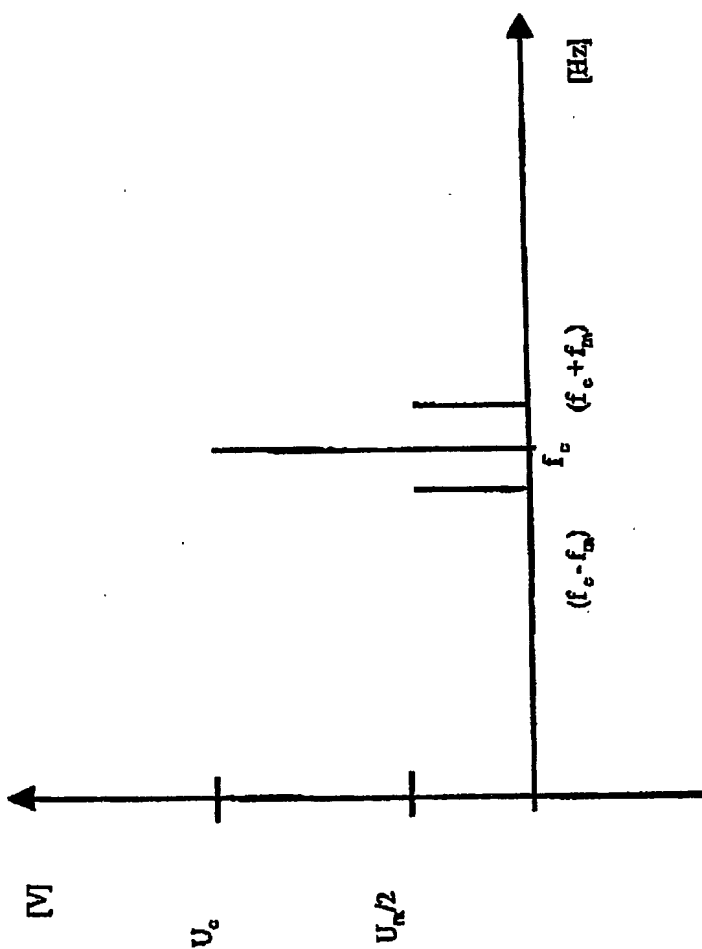
Ink. t. Patent- och reg.verket

2002-12-17 3

Huvudföreläsning

3/10

Fig. 3



Ink & Paper Ltd. v. ...

2007-12-23

Heard from: ...

4/10

Fig. 4

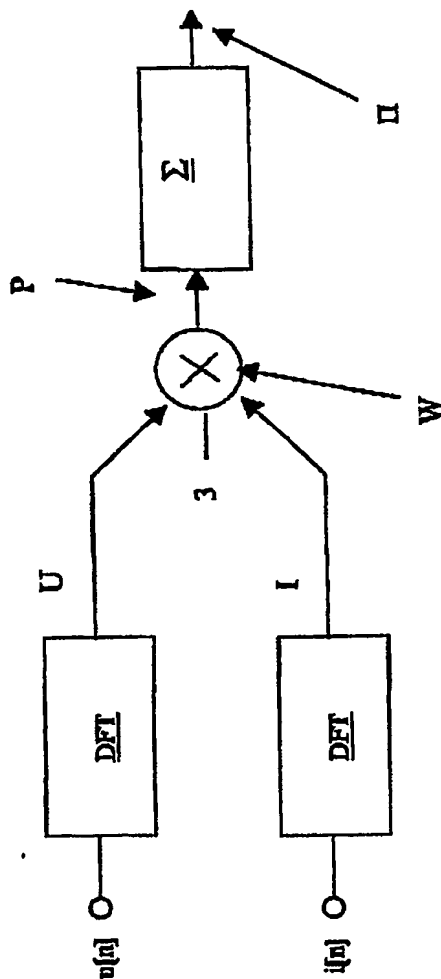


Fig. 5

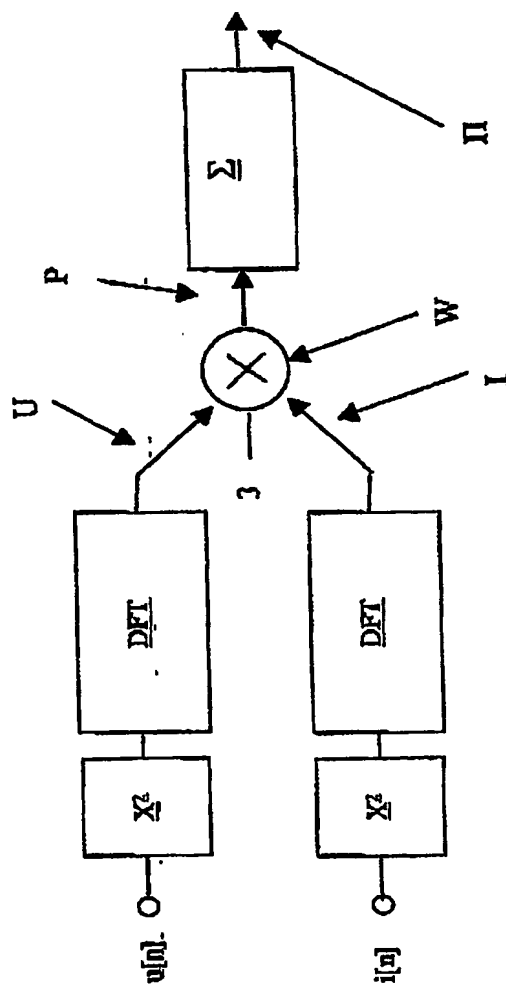
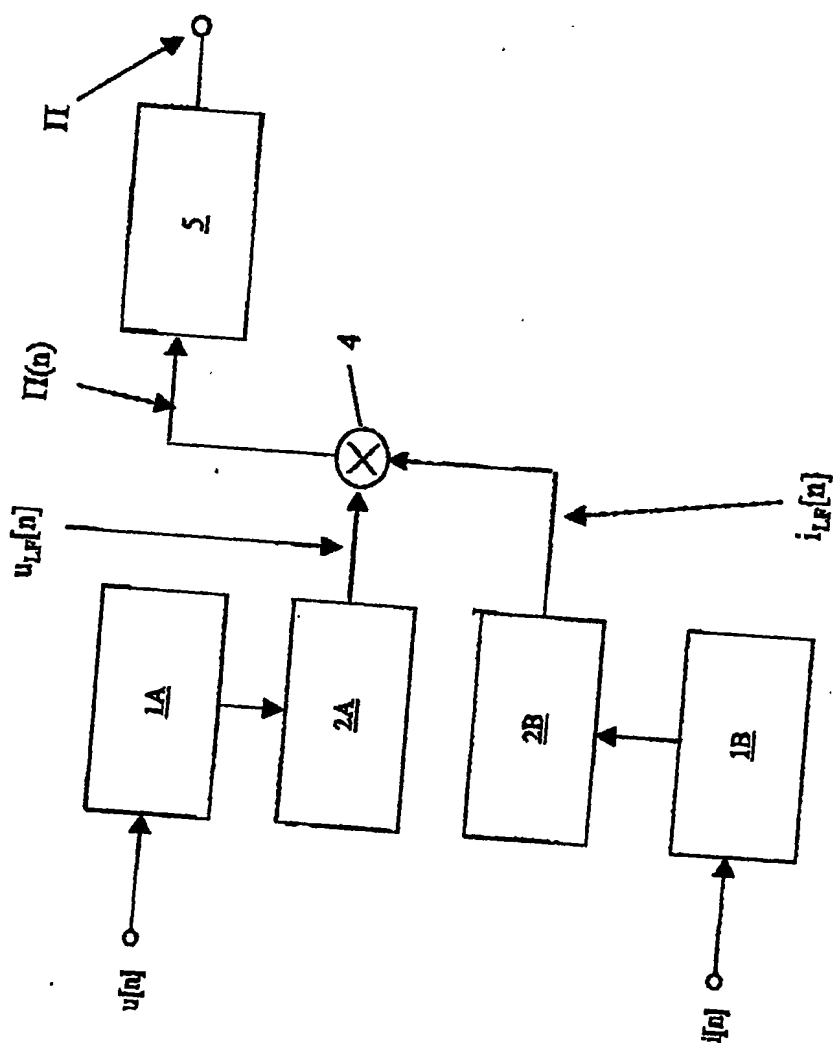


Fig. 6



1. The first step is to identify the problem or question that needs to be answered. This involves understanding the context and the specific requirements of the task.

Fig. 7

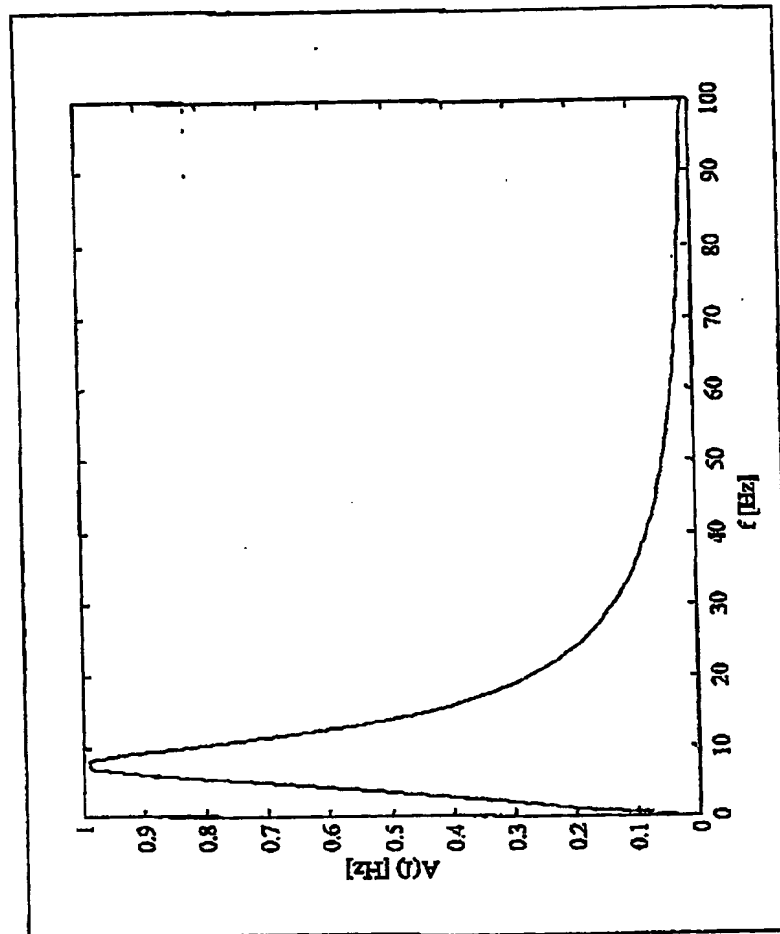


Fig. 8

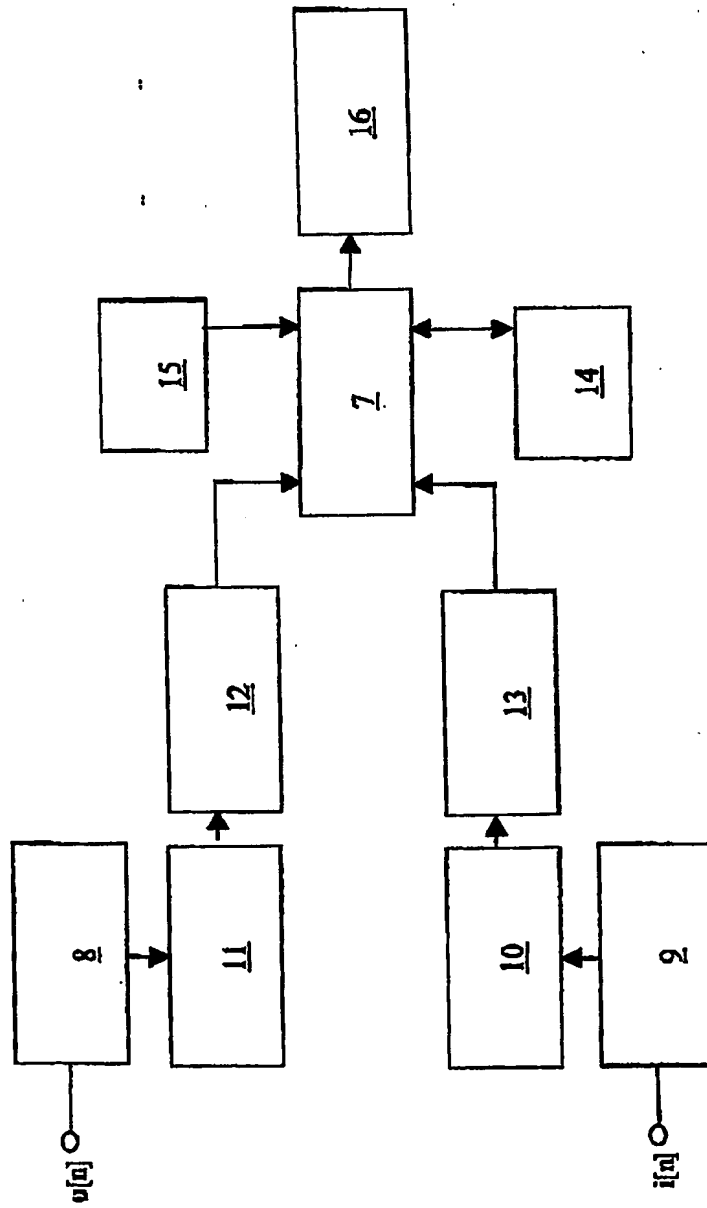
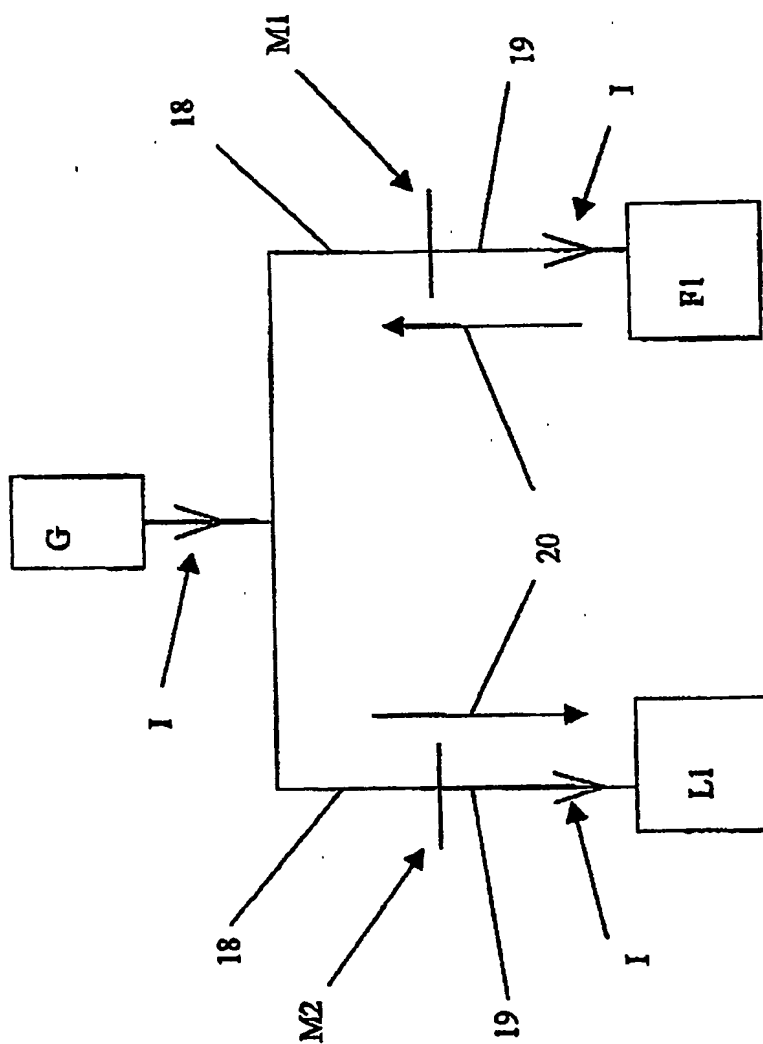


Fig. 9



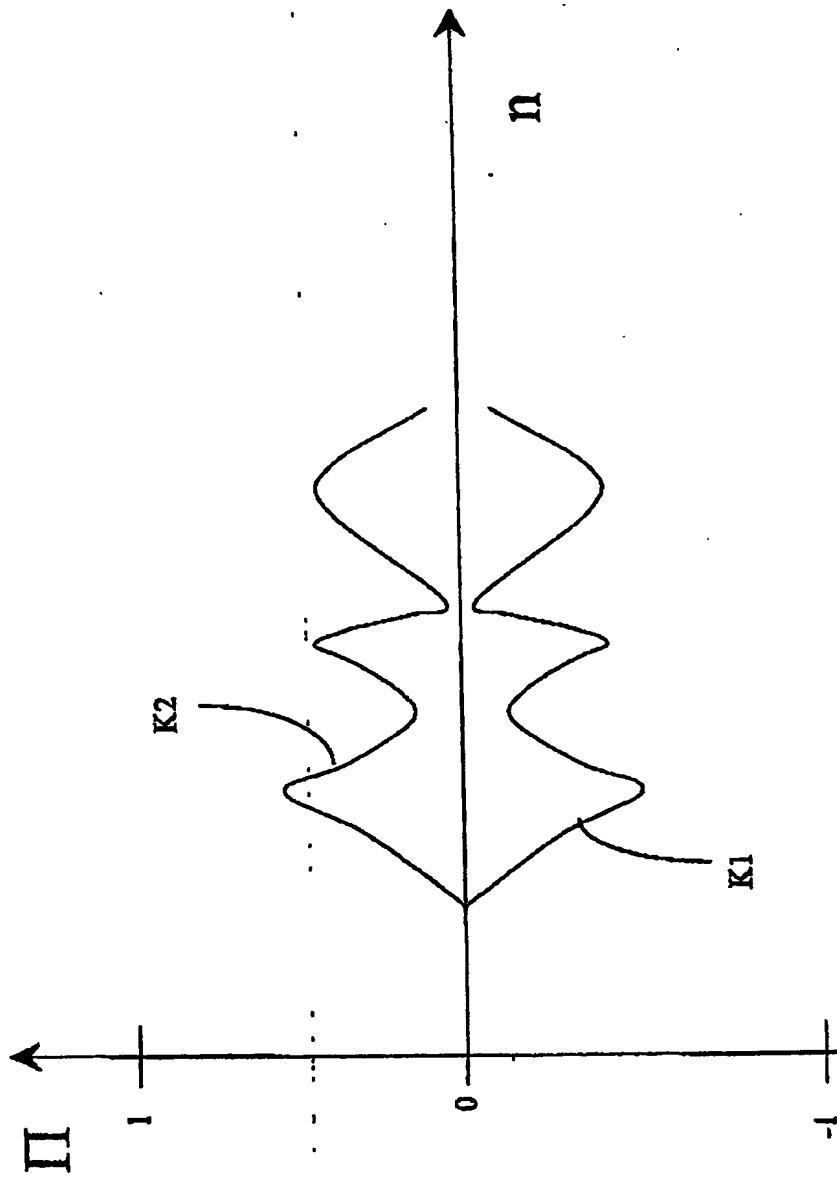
Ink. 1. Patent- och reg. verkst

7400-12- 2 3

Huvud- och Kiosken

10/10

Fig. 10



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**